

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-054826

(43)Date of publication of application : 26.02.1999

(51)Int.Cl.

H01S 3/103

G11B 7/125

H04B 10/02

H04B 10/18

(21)Application number : 09-210690

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 05.08.1997

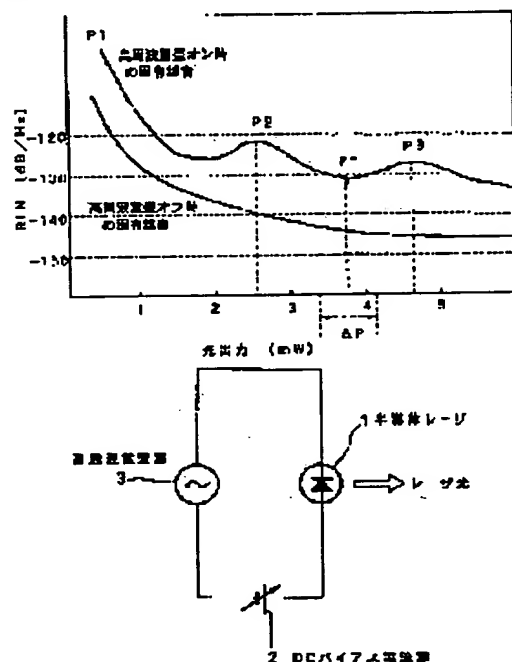
(72)Inventor : HIRATA SHOJI  
AGAWA KEIGO

(54) METHOD FOR DRIVING SEMICONDUCTOR LASER, OPTICAL DISK DEVICE, OPTICAL TRANSMITTER, AND OPTICAL COMMUNICATION NETWORK

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce noise which is produced when a semiconductor laser is used by driving the laser under such a condition that the curve indicating the relative noise intensity versus average light output characteristic of the laser has at least one peak and an average light output which is deviated from the peak can be obtained.

SOLUTION: When a semiconductor laser 1 is driven by supplying a drive current, which is obtained by superposing a high-frequency current from a high-frequency current source 3 upon a DC bias current from a DC bias current source 2, the characteristic noise of the laser 1 forms bumps, because light output (L) versus a drive current (I) characteristic of the laser 1 generates undulations and the relative noise intensity versus average light output characteristic of the laser 1 is synchronized to the undulation. When a frequency fm and amplitude am of the superposing high-frequency are set respectively to  $\geq 600$  MHz and about 5 mW at ?I, and the relaxation oscillation frequency fr of the laser 1 is suppressed to about 3 GHz or lower at the amplitude of about 5 mW, the laser 1 can be used in a low-noise state, because the 'bumps' of the characteristic noise can be avoided and the laser 1 can be used with such a light output that the noise becomes extremely small.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-54826

(43) 公開日 平成11年(1999) 2月26日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 1 S 3/103

H 0 1 S 3/103

G 1 1 B 7/125

G 1 1 B 7/125

A

H 0 4 B 10/02

H 0 4 B 9/00

M

10/18

審査請求 未請求 請求項の数20 OL (全 9 頁)

(21) 出願番号

特願平9-210690

(22) 出願日

平成9年(1997) 8月5日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 平田 照二

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72) 発明者 阿河 圭吾

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

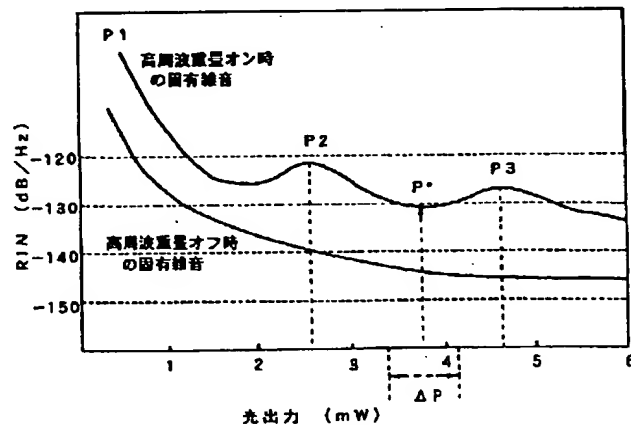
(74) 代理人 弁理士 杉浦 正知

(54) 【発明の名称】 半導体レーザの駆動方法、光ディスク装置、光送信装置および光通信ネットワーク

(57) 【要約】

【課題】 半導体レーザに高周波重畳を行う場合に低雑音で半導体レーザを使用することができる半導体レーザの駆動方法、光源としての半導体レーザの駆動にその方法を用いた光ディスク装置、光送信装置および光通信ネットワークを提供する。

【解決手段】 半導体レーザに高周波重畳を行う場合に、半導体レーザの相対雑音強度対平均光出力特性を示す曲線に存在するピークから外れた平均光出力が得られる条件で半導体レーザを駆動する。具体的には、例えば、使用する平均光出力  $P^*$  に対して  $P^* \pm 0.5 \text{ mW}$  の範囲内にそのピークが含まれないように高周波重畳条件（周波数、振幅、波形）を設定する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 直流電流に高周波電流を重畳した駆動電流で半導体レーザを駆動するようにした半導体レーザの駆動方法において、

上記半導体レーザの相対雑音強度対平均光出力特性を示す曲線が少なくとも一つのピークを有し、  
上記ピークから外れた平均光出力が得られる条件で上記半導体レーザを駆動するようにしたことを特徴とする半導体レーザの駆動方法。

【請求項 2】 上記半導体レーザの使用する平均光出力を  $P^*$  としたとき、 $P^* \pm 0.5 \text{ mW}$  の範囲内に上記ピークが含まれないように上記高周波電流の重畳条件を設定するようにしたことを特徴とする請求項 1 記載の半導体レーザの駆動方法。

【請求項 3】 上記半導体レーザの使用する平均光出力が  $10 \text{ mW}$  より低い場合において、上記高周波電流の周波数を  $f_m$ 、上記半導体レーザの緩和振動周波数を  $f_r$  としたとき、 $f_r \geq f_m \geq f_r/5$  を満たすように  $f_m$  を設定するようにしたことを特徴とする請求項 1 記載の半導体レーザの駆動方法。

【請求項 4】 上記駆動電流の波形として矩形波を用い、上記駆動電流のパルス幅を  $W_p$ 、上記半導体レーザの発振遅れ時間を  $T_d$  としたとき、 $T_d + 1/f_r \leq W_p \leq T_d + 2/f_r$  を満たすように  $W_p$  を設定するようにしたことを特徴とする請求項 1 記載の半導体レーザの駆動方法。

【請求項 5】 上記半導体レーザの使用する平均光出力が  $10 \text{ mW}$  より高い場合において、上記高周波電流の周波数を  $f_m$ 、上記半導体レーザの緩和振動周波数を  $f_r$  としたとき、 $f_r \geq f_m \geq f_r/10$  を満たすように  $f_m$  を設定するようにしたことを特徴とする請求項 1 記載の半導体レーザの駆動方法。

【請求項 6】 光学ピックアップの光源に半導体レーザを用い、直流電流に高周波電流を重畳した駆動電流で上記半導体レーザを駆動するようにした光ディスク装置において、

上記半導体レーザの相対雑音強度対平均光出力特性を示す曲線が少なくとも一つのピークを有し、  
上記ピークから外れた平均光出力が得られる条件で上記半導体レーザを駆動するようにしたことを特徴とする光ディスク装置。

【請求項 7】 上記半導体レーザの使用する平均光出力を  $P^*$  としたとき、 $P^* \pm 0.5 \text{ mW}$  の範囲内に上記ピークが含まれないように上記高周波電流の重畳条件を設定するようにしたことを特徴とする請求項 6 記載の光ディスク装置。

【請求項 8】 上記半導体レーザの使用する平均光出力が  $10 \text{ mW}$  より低い場合において、上記高周波電流の周波数を  $f_m$ 、上記半導体レーザの緩和振動周波数を  $f_r$  としたとき、 $f_r \geq f_m \geq f_r/5$  を満たすように  $f_m$

を設定するようにしたことを特徴とする請求項 6 記載の光ディスク装置。

【請求項 9】 上記駆動電流の波形として矩形波を用い、上記駆動電流のパルス幅を  $W_p$ 、上記半導体レーザの発振遅れ時間を  $T_d$  としたとき、 $T_d + 1/f_r \leq W_p \leq T_d + 2/f_r$  を満たすように  $W_p$  を設定するようにしたことを特徴とする請求項 6 記載の光ディスク装置。

【請求項 10】 上記半導体レーザの使用する平均光出力が  $10 \text{ mW}$  より高い場合において、上記高周波電流の周波数を  $f_m$ 、上記半導体レーザの緩和振動周波数を  $f_r$  としたとき、 $f_r \geq f_m \geq f_r/10$  を満たすように  $f_m$  を設定するようにしたことを特徴とする請求項 6 記載の光ディスク装置。

【請求項 11】 光源に半導体レーザを用い、直流電流に高周波電流を重畳した駆動電流で上記半導体レーザを駆動するようにした光送信装置において、  
上記半導体レーザの相対雑音強度対平均光出力特性を示す曲線が少なくとも一つのピークを有し、  
上記ピークから外れた平均光出力が得られる条件で上記半導体レーザを駆動するようにしたことを特徴とする光送信装置。

【請求項 12】 上記半導体レーザの使用する平均光出力を  $P^*$  としたとき、 $P^* \pm 0.5 \text{ mW}$  の範囲内に上記ピークが含まれないように上記高周波電流の重畳条件を設定するようにしたことを特徴とする請求項 11 記載の光送信装置。

【請求項 13】 上記半導体レーザの使用する平均光出力が  $10 \text{ mW}$  より低い場合において、上記高周波電流の周波数を  $f_m$ 、緩和振動周波数を  $f_r$  としたとき、 $f_r \geq f_m \geq f_r/5$  を満たすように  $f_m$  を設定するようにしたことを特徴とする請求項 11 記載の光送信装置。

【請求項 14】 上記駆動電流の波形として矩形波を用い、上記駆動電流のパルス幅を  $W_p$ 、上記半導体レーザの発振遅れ時間を  $T_d$  としたとき、 $T_d + 1/f_r \leq W_p \leq T_d + 2/f_r$  を満たすように  $W_p$  を設定するようにしたことを特徴とする請求項 11 記載の光送信装置。

【請求項 15】 上記半導体レーザの使用する平均光出力が  $10 \text{ mW}$  より高い場合において、上記高周波電流の周波数を  $f_m$ 、上記半導体レーザの緩和振動周波数を  $f_r$  としたとき、 $f_r \geq f_m \geq f_r/10$  を満たすように  $f_m$  を設定するようにしたことを特徴とする請求項 11 記載の光送信装置。

【請求項 16】 光送信用の光ファイバーと光送信装置と光受信装置とを有し、上記光送信装置の光源に半導体レーザを用い、直流電流に高周波電流を重畳した駆動電流で上記半導体レーザを駆動するようにした光通信ネットワークにおいて、

上記半導体レーザの相対雑音強度対平均光出力特性を示す曲線が少なくとも一つのピークを有し、

上記ピークから外れた平均光出力が得られる条件で上記半導体レーザを駆動するようにしたことを特徴とする光通信ネットワーク。

【請求項 17】 上記半導体レーザの使用する平均光出力を  $P^*$  としたとき、 $P^* \pm 0.5 \text{ mW}$  の範囲内に上記ピークが含まれないように上記高周波電流の重畳条件を設定するようにしたことを特徴とする請求項 16 記載の光通信ネットワーク。

【請求項 18】 上記半導体レーザの使用する平均光出力が  $10 \text{ mW}$  より低い場合において、上記高周波電流の周波数を  $f_m$ 、緩和振動周波数を  $f_r$  としたとき、 $f_r \geq f_m \geq f_r/5$  を満たすように  $f_m$  を設定するようにしたことを特徴とする請求項 16 記載の光通信ネットワーク。

【請求項 19】 上記駆動電流の波形として矩形波を用い、上記駆動電流のパルス幅を  $W_p$ 、上記半導体レーザの発振遅れ時間を  $T_d$  としたとき、 $T_d + 1/f_r \leq W_p \leq T_d + 2/f_r$  を満たすように  $W_p$  を設定するようにしたことを特徴とする請求項 16 記載の光通信ネットワーク。

【請求項 20】 上記半導体レーザの使用する平均光出力が  $10 \text{ mW}$  より高い場合において、上記高周波電流の周波数を  $f_m$ 、上記半導体レーザの緩和振動周波数を  $f_r$  としたとき、 $f_r \geq f_m \geq f_r/10$  を満たすように  $f_m$  を設定するようにしたことを特徴とする請求項 16 記載の光通信ネットワーク。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、半導体レーザの駆動方法、光ディスク装置、光送信装置および光通信ネットワークに関し、特に、高周波重畳を行った駆動電流で半導体レーザを駆動する半導体レーザの駆動方法ならびに光源としての半導体レーザの駆動にそのような駆動方法を用いる光ディスク装置、光送信装置および光通信ネットワークに適用して好適なものである。

【0002】

【従来の技術】 光ディスク装置の光学ピックアップの光源に用いられる半導体レーザにおいては、いわゆる戻り光雑音の低減を図る目的で、直流電流に高周波電流を重畳した駆動電流で半導体レーザを駆動すること、すなわち半導体レーザに高周波重畳を行うことがある。この場合、これまでは、半導体レーザが適用される光学系に応じて、その高周波重畳周波数、振幅、波形などを適正化していた。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 ところが、本発明者による最近の研究によれば、CD（コンパクトディスク）-ROM に比べてはるかに記録密度が高い DVD（デジタルビデオディスク）-ROM の再生に用いられる光ディスク装置において、光学ピックアップの光源に用い

られる AlGaInP 系半導体レーザに十分な高周波重畳を行ったにもかかわらず、ある特定の光出力で雑音に起因すると見られるジッターの異常な増大が発生することが判明した。このジッターの異常な増大は読み取り特性の悪化をもたらすため、その対策が求められる。

【0004】 この問題は、高記録密度の DVD-ROM の再生において顕在化したものであるが、基本的には、光ディスクの高記録密度化に伴ってビットサイズが小さくなったことに起因するものと考えられ、例えば、直径  $12 \text{ cm}$  の光ディスクで考えると、容量がギガバイト程度になると顕著になる。ここで、例えば、半導体レーザの発振波長を  $650 \text{ nm}$  とする直径  $12 \text{ cm}$  の光ディスク（DVD-ROM など）では容量は  $4.7$  ギガバイト、半導体レーザの発振波長を  $780 \text{ nm}$  とする直径  $12 \text{ cm}$  の光ディスク（CD-ROM など）では容量は  $0.64$  ギガバイト（ $640$  メガバイト）である。

【0005】 したがって、この発明の目的は、半導体レーザに高周波重畳を行う場合にある特定の光出力でジッターの異常な増大が発生するのを防止することができることにより、低雑音で半導体レーザを使用することができる半導体レーザの駆動方法ならびに光源に用いられる半導体レーザの駆動にそのような駆動方法を用いた光ディスク装置を提供することにある。

【0006】 この発明の他の目的は、半導体レーザに高周波重畳を行う場合において低雑音で半導体レーザを使用することができることにより、低雑音で高品質の光通信を行うことができる光送信装置およびそのような光送信装置を用いた光通信ネットワークを提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】 本発明者は、従来技術が有する上述の課題を解決すべく、鋭意検討を行った。以下にその概要を説明する。

【0008】 まず、従来技術が有する課題について改めて詳細に説明する。すなわち、本発明者は、DVD-ROM 用の光ディスク装置の光学ピックアップの光源に用いられている発振波長  $650 \text{ nm}$  の屈折率導波型 AlGaInP 系半導体レーザに  $350 \text{ MHz}$  の高周波重畳を行ったときに得られるジッターの RF レベル（半導体レーザの光出力に線形対応する）依存性において、特定の RF レベル、具体的には約  $1.3 \text{ V}$ （約  $2.5 \text{ mW}$  の光出力に対応する）の所で、ジッターの異常な増大が見られることを見出した。これは、高周波重畳を十分に行った状況下での現象であり、かつ、いつも同じ RF レベルで再現性よく現れていることから、戻り光雑音に起因するものではない。さらに、この現象は、各種 DVD 用半導体レーザにおいても同様に発生することもわかった。

【0009】 図 1 に、高周波重畳を行った場合と高周波重畳を行わなかった場合との双方の典型的な光出力

(L) - 駆動電流 (I) 特性を示す。図1より、高周波重畳を行わない場合、すなわちDC駆動の場合、L-I特性は直線的であるが、高周波重畳を行うとしきい値電流 $I_{th}$ が下がり、L-I特性に非直線的なうねりが生じることがわかる。このうねりを微分量子効率の変化で見ると、減衰する周期的な変動であることがわかる。このL-I特性のうねりは、従来、十分に理解されていなかった。

【0010】本発明者は、このL-I特性のうねりとほぼ同期して、固有雑音（量子雑音）がいわば「こぶ」のような変化を生じていることを見出した。すなわち、高周波重畳を行った半導体レーザの相対雑音強度 (Relative Noise Intensity, RIN) 対平均光出力 (Pout) 特性は一般に図2に示すようになるが、このRIN対Pout特性においては、上述のL-I特性のうねりとほぼ同期して固有雑音が「こぶ」のような変化を生じている。なお、図2において、P1、P2、P3、・・・はRINが極大をとる平均光出力を示す。

【0011】そして、高周波重畳応答光波形を観測した結果、L-I特性のうねりと同期して、緩和振動の第1パルス、第2パルス、第3パルスが生じていることがわかった。各パルスの発生が始まる位置がL-I特性の傾きの極小位置（ボトム）にほぼ対応しており、この付近で新たな発振モード発生に起因する固有雑音が生成されている。その様子を図3に示す。なお、図3において、D1、D2がL-I特性の傾きのボトムを示す。この新たな発振モード発生に起因する固有雑音の生成は原理的にはキック発生に伴う量子雑音の増加と類似の現象とも言え、上述の固有雑音の「こぶ」の元とみなせる。

【0012】以上のように、半導体レーザに高周波重畳を行った場合、固有雑音が特定の光出力で周期的にピークを持つ現象が存在し、光ディスク装置の光学ピックアップの光源に用いられる半導体レーザに高周波重畳を行った場合には、これらのピークの所でジッター悪化の問題を引き起こすことがわかった。この現象の性質をまとめると以下ようになる。

【0013】RIN対Pout特性における固有雑音の「こぶ」の位置（光出力位置）は、緩和振動周波数 (fr) と高周波重畳周波数（高周波重畳周期）との相対関係、高周波重畳波形、高周波重畳振幅などで決定され、次のような性質を有する。

【0014】（性質1）高周波重畳振幅を大きくすると変動周期は長くなる。

【0015】（性質2）高周波重畳周波数を高くすると（高周波重畳周期を短くすると）変動周期は長くなる。

【0016】（性質3）緩和振動周波数が高くなると変動周期は短くなる。

【0017】（性質4）温度を高くするとわずかに変動周期が長くなる。

【0018】（性質5）戻り光が増えると雑音が増

え、変動周期が短くなる。

【0019】（性質6）高周波重畳周波数を高くすると低光出力時の雑音量が低減する。

【0020】これらの性質は次のような理由により生じる。図4は、DCバイアス電流値を変化させたときの光応答の変化を示し、A、B、Cの順でDCバイアス電流値が増大している。DCバイアス電流値が低いとき（図4A）は緩和振動の第1ピークのみ出力する状態であり、この状態でDCバイアス電流に対応して緩和振動の第1ピークが成長する。さらにDCバイアス電流値が上がり、有効パルス幅Wpが緩和振動の第2ピークの励起にかかる図4Bに示す状態になると、緩和振動の第2ピークが発生し始める。ところで、一般に、半導体レーザは、ある新たな発振モードが成長し始めるときに固有雑音（自然放光が種となって生じる量子雑音）が発生することが知られている。今回見出した発振モードは、時間的な意味での、すなわち時間軸上での新たな発振モードであるが、現象としては、新たな発振モードが生じるという意味で等価な物理現象と考えられ、この新たな発振モードに対応して固有雑音が発生することになる。さらにDCバイアス電流値を増していくと、緩和振動の第3ピークが発生する所で次の雑音が発生する（図4C）。そして、時間の経過とともに、以上のことが順次繰り返される。なお、図4において、Tdは半導体レーザの発振遅れ時間を示す。

【0021】以上のように、高周波重畳を行った半導体レーザは一般にRIN対Pout特性に固有雑音の「こぶ」を持つが、この「こぶ」を実用光出力で問題のないレベル、具体的には、例えば $RIN < -130 \text{ dB/Hz}$ に抑え込むことが重要である。このためには、以上の考察より、次のような対策が考えられる。対策の基本思想は、（A）緩和振動の第2パルスの発生を遅くさせ（高出力側に追いやり）、そこで発生する固有雑音量を減らす。

【0022】（B）緩和振動の高次パルスを最初から早く発生させてしまい（低出力側に追い込み）、それ以降での発生を抑える。

【0023】のどちらかである。実用光出力がその半導体レーザの仕様に対して比較的低めなら（A）の方法が有効であり、比較的高めなら（B）の方法を利用するのが有効である。また、低めでも高めでも使いたいという場合は低めを優先し、（A）の手法を用いるのが望ましい。

【0024】（A）を実現するためには以下の方法が考えられる。（B）を実現するためには、以下のことと逆のことをやればよい。

【0025】（A-1）高周波重畳振幅を大きくする。

【0026】（A-2）高周波重畳周波数を高くする。

【0027】（A-3）半導体レーザの緩和振動周波数を低くする。

【0028】(A-4) 高周波重畳波形を狭い矩形波にする。

【0029】ここで、(A-1)を用いる場合には、緩和振動の第1パルスが大きくなりすぎて信頼性が損なわれるおそがあることに注意する必要がある。(A-2)は(A-1)と同様のおそれもあるが、これは高周波重畳振幅を低めに設定することで回避することができる。さらに、(性質6)で述べたように全体の固有雑音を抑えることができるため、都合がよい。

【0030】また、(A-3)は、端面反射率を高める、長共振器化、量子井戸効果を少なくするなどにより実現することができる。これらは半導体レーザの基本特性を悪化させるため、あまり好ましくないが、これしか方法がない場合は考慮する価値はある。(A-4)は非常に効果的であるが、やはり(A-1)と同じおそれがある高出力半導体レーザなどで端面が破壊に強い構造の場合には、利用する価値がある。ただし、高周波重畳波形は厳密に矩形波である必要はなく、半導体レーザの緩和振動周波数 $f_r$ に対して相対的に短いパルスであればよい。

【0031】以上は、光ディスク装置において読み取りを行う場合についてであるが、書き込みを行う場合についても、基本的には同様のことが成立する。さらには、伝送路に光ファイバーを用い、光源に半導体レーザを用いる光通信システムにおいても、同様のことが成立する。この発明は、本発明者による以上のような考察に基づいて鋭意検討した結果案出されたものである。

【0032】すなわち、この発明の第1の発明は、直流電流に高周波電流を重畳した駆動電流で半導体レーザを駆動するようにした半導体レーザの駆動方法において、半導体レーザの相対雑音強度対平均光出力特性を示す曲線が少なくとも一つのピークを有し、ピークから外れた平均光出力が得られる条件で半導体レーザを駆動するようにしたことを特徴とするものである。

【0033】この発明の第2の発明は、光学ピックアップの光源に半導体レーザを用い、直流電流に高周波電流を重畳した駆動電流で半導体レーザを駆動するようにした光ディスク装置において、半導体レーザの相対雑音強度対平均光出力特性を示す曲線が少なくとも一つのピークを有し、ピークから外れた平均光出力が得られる条件で半導体レーザを駆動するようにしたことを特徴とするものである。

【0034】この発明の第3の発明は、光源に半導体レーザを用い、直流電流に高周波電流を重畳した駆動電流で半導体レーザを駆動するようにした光送信装置において、半導体レーザの相対雑音強度対平均光出力特性を示す曲線が少なくとも一つのピークを有し、ピークから外れた平均光出力が得られる条件で半導体レーザを駆動するようにしたことを特徴とするものである。

【0035】この発明の第4の発明は、光送信用の光

ファイバーと光送信装置と光受信装置とを有し、光送信装置の光源に半導体レーザを用い、直流電流に高周波電流を重畳した駆動電流で半導体レーザを駆動するようにした光通信ネットワークにおいて、半導体レーザの相対雑音強度対平均光出力特性を示す曲線が少なくとも一つのピークを有し、ピークから外れた平均光出力が得られる条件で半導体レーザを駆動するようにしたことを特徴とするものである。

【0036】この発明における半導体レーザの相対雑音強度(RIN)対平均光出力(Pout)特性の一例を示すと図2のようになる。図2において、ピークP2、P3が固有雑音の「こぶ」を示す。

【0037】この発明においては、典型的には、半導体レーザの使用平均光出力(推奨平均光出力)を $P^*$ としたとき、 $P^* \pm \Delta P$ (ただし、 $\Delta P$ は使用する平均光出力(推奨平均光出力)に対するマージン(図2参照))の範囲内、より具体的には $P^* \pm 0.5 \text{ mW}$ の範囲内にピークが含まれないように高周波電流の重畳条件を設定する。このようにすることにより、レーザ光の利用効率のマージンを実用上十分に大きく確保しつつ、固有雑音の「こぶ」を避けて低雑音で半導体レーザを使用することができ、例えば光ディスク装置においては光学ピックアップのロット間ばらつきに対して十分なマージンを確保することができ、製造歩留まりを十分に大きくすることができる。

【0038】この発明において、半導体レーザの使用平均光出力が10mWより低い場合において固有雑音の「こぶ」を避けて低雑音で半導体レーザを使用するためには、高周波電流の周波数を $f_m$ 、半導体レーザの緩和振動周波数を $f_r$ としたとき、 $f_r \geq f_m \geq f_r/5$ を満たすように $f_m$ を設定する。これは、先に述べた対策(A)で(A-2)の方法を採用した場合に対応する。

【0039】この発明においては、固有雑音の「こぶ」を避けて低雑音で半導体レーザを使用するためには、駆動電流の波形として矩形波を用い、駆動電流のパルス幅を $W_p$ 、上記半導体レーザの発振遅れ時間を $T_d$ としたとき、 $T_d + 1/f_r \leq W_p \leq T_d + 2/f_r$ を満たすように $W_p$ を設定してもよい。これは、先に述べた対策(A)で(A-4)の方法を採用した場合に対応する。

【0040】この発明において、半導体レーザの使用平均光出力が10mWより高い場合において固有雑音の「こぶ」を避けて低雑音で半導体レーザを使用するためには、高周波電流の周波数を $f_m$ 、半導体レーザの緩和振動周波数を $f_r$ としたとき、 $f_r \geq f_m \geq f_r/10$ を満たすように $f_m$ を設定する。これは、先に述べた対策(A)で(A-2)の方法を採用した場合に対応する。

【0041】また、この発明においては、例えば、実用光出力を低めおよび高めの双方で使用したい場合、その一方の要求で高周波重畳条件がある条件に固定された場

合、他方の要求を満たすためにそのときに使用する平均光出力を、図2のピークから十分に外れた平均光出力に設定する。

【0042】この発明において、半導体レーザは、基本的にはどのような種類のものであってもよく、半導体材料、レーザ構造、活性層の構造などを問わないが、具体例を挙げれば、AlGaInP系半導体レーザ、AlGaAs系半導体レーザなどである。また、活性層を量子井戸構造とする場合、歪量子井戸構造とするか、その歪の大きさをどのように設定するか、量子井戸数や井戸層の厚さをどのように設定するかなどの多くの自由度がある。

【0043】上述のように構成されたこの発明によれば、半導体レーザの相対雑音強度対平均光出力特性を示す曲線が少なくとも一つのピークを有し、これらのピークから外れた平均光出力が得られる条件で半導体レーザを駆動するようにしていることにより、固有雑音の「こぶ」を避けて低雑音で半導体レーザを使用することができる。

【0044】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。

【0045】まず、この発明の第1の実施形態について説明する。この第1の実施形態は、先に述べた対策(A)で(A-2)の方法を採用する場合に対応する。

【0046】図5は半導体レーザの駆動回路を示す。図5において、符号1は半導体レーザ、2はDCバイアス電流源、3は高周波電流源を示し、DCバイアス電流源2によるDCバイアス電流に高周波電流源3による高周波電流を重ねた駆動電流を半導体レーザ1に流して駆動する。

【0047】この第1の実施形態においては、高周波重畳周波数 $f_m$ を600MHz以上に設定し、高周波重畳振幅 $a_m$ は $\Delta I_{th}$ で5mA程度に設定する。また、半導体レーザ1の緩和振動周波数 $f_r$ を5mW程度で3GHz程度以下に抑える。このためには、半導体レーザ1の基本特性を実用上支障が生じる程度に劣化させず、信頼性に悪影響が生じない範囲で、半導体レーザ1の端面反射率を高める、長共振器化する、半導体レーザ1が量子井戸型半導体レーザである場合には量子井戸効果を少なくするなどの方法を採用する。

【0048】半導体レーザ1の具体例を挙げると、例えば、発振波長650nmの屈折率導波型AlGaInP系半導体レーザである。

【0049】以上のように、この第1の実施形態によれば、高周波重畳周波数 $f_m$ を600MHz以上に設定し、高周波重畳振幅 $a_m$ は $\Delta I_{th}$ で5mA程度に設定し、半導体レーザ1の緩和振動周波数 $f_r$ を5mW程度で3GHz程度以下に抑えていることにより、図2に示すような固有雑音の「こぶ」を避け、雑音が極小となる

光出力で半導体レーザ1を使用することができ、低雑音で半導体レーザ1を使用することができる。

【0050】このため、例えば、光ディスク記録および/または再生装置の光学ピックアップの光源に用いられる半導体レーザの駆動にこの第1の実施形態による駆動方法を適用した場合には、読み取り時および/または書き込み時のジッターを実用上十分に低く抑えることができ、良好な読み取り特性および/または書き込み特性を得ることができる。また、戻り光が存在する場合においても、上述の固有雑音の「こぶ」の付近で大きな雑音が発生するので、この第1の実施形態による駆動方法を適用してこの雑音の発生を抑えることにより、良好な読み取り特性および/または書き込み特性を得ることができる。さらに、一つの半導体レーザを読み取りおよび書き込みの双方に使用するように複数の光出力で使用する場合においても、この第1の実施形態による駆動方法を用いることにより、読み取り特性および書き込み特性とも良好にすることができる。ここで、光ディスク記録および/または再生装置の具体例を挙げると、発振波長650nmの屈折率導波型AlGaInP系半導体レーザを光学ピックアップの光源に用いたDVD-ROM再生装置である。

【0051】また、光送信用の光ファイバーの一端および他端にそれぞれ光送信装置および光受信装置を設け、その光送信装置の光源に用いられる半導体レーザに高周波重畳を行う光通信ネットワークにおいて、その半導体レーザの駆動にこの第1の実施形態による駆動方法を適用した場合には、上述のように低雑音で半導体レーザを使用することができるので、低雑音で高品質の光通信が可能となる。

【0052】次に、この発明の第2の実施形態について説明する。この第2の実施形態は、半導体レーザ1を比較的高い光出力で使いたい場合で、先に述べた対策(B)を採用する場合である。

【0053】この第2の実施形態においては、高周波重畳周波数 $f_m$ を500MHz以下に設定する。ここで、 $f_m$ は、低くしすぎると(性質6)で述べた固有雑音の全体的上昇が問題になるおそれがある一方、この場合は半導体レーザ1を比較的高い光出力で使う場合であるのでそのおそれは少ないが、実用的には100MHz程度が下限と考えられる。また、高周波重畳振幅 $a_m$ は、戻り光雑音を抑えることができる範囲でできるだけ低めに抑え、具体的には $f_m$ にもよるが例えば $\Delta I_{th}$ で7mA程度以下に設定する。さらに、半導体レーザ1の緩和振動周波数 $f_r$ を5mW程度で4GHz程度以上に高くする。

【0054】この第2の実施形態によれば、第1の実施形態と同様に、図2に示すような固有雑音の「こぶ」を避け、雑音が極小となる光出力で半導体レーザ1を使用することができ、低雑音で半導体レーザ1を使用するこ



とができる。

【0055】そして、光ディスク記録および／または再生装置の光学ピックアップの光源に用いられる半導体レーザの駆動にこの第2の実施形態による駆動方法を適用した場合には良好な読み取り特性および／または書き込み特性を得ることができる。また、光送受信の光ファイバーの一端および他端にそれぞれ光送信装置および光受信装置を設け、その光送信装置の光源に用いられる半導体レーザに高周波重畳を行う光通信ネットワークにおける半導体レーザの駆動に適用した場合には、低雑音で高品質の光通信が可能となる。

【0056】以上、この発明の実施形態について具体的に説明したが、この発明は、上述の実施形態に限定されるものではなく、この発明の技術的思想に基づく各種の変形が可能である。

【0057】例えば、上述の第1の実施形態においては、高周波重畳周波数  $f_m$  を 600 MHz 以上に設定し、高周波重畳振幅  $a_m$  を  $\Delta I_{th}$  で 5 mA 程度に設定し、半導体レーザ1の緩和振動周波数  $f_r$  を 5 mW 程度で 3 GHz 程度以下に抑えたが、高周波重畳周波数  $f_m$  を 600 MHz 以上に設定し、高周波重畳振幅  $a_m$  を  $\Delta I_{th}$  で 5 mA 程度に設定するだけでも実用上十分な効果を得ることができる。また、半導体レーザ1が、高周波重畳振幅  $a_m$  を大きくしても信頼性にさほど悪影響が生じないものであれば、高周波重畳振幅  $a_m$  の制限をなくしてもよい。むしろ、対策(A)による効果を大きくする観点からは、高周波重畳振幅  $a_m$  を大きくするほど大きな効果が得られる。これは、特に低光出力でも高光出力でも低雑音で半導体レーザ1を使用したい場合には効果的である。

【0058】また、上述の第2の実施形態において、パルス波形としてパルス幅の広い矩形波を用いることにより、より低雑音で半導体レーザを使用することができる。また、半導体レーザ1側での対策として、ストライ

プ幅を狭くするか、導波型を利得導波型的にして注入電流を横方向に拡散させることで緩和振動を減衰させるとさらに効果的である。

【0059】

【発明の効果】以上説明したように、この発明による半導体レーザの駆動方法によれば、半導体レーザに高周波重畳を行う場合にある特定の光出力でジッターの異常な増大が発生するのを防止することができ、低雑音で半導体レーザを使用することができる。

【0060】この発明による光ディスク装置によれば、低雑音で半導体レーザを使用することができることにより、良好な読み取りおよび／または書き込み特性を得ることができる。

【0061】この発明による光送信装置および光通信ネットワークによれば、低雑音で半導体レーザを使用することができることにより、低雑音で高品質の光通信を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】高周波重畳を行った場合および高周波重畳を行わなかった場合の半導体レーザの光出力-駆動電流特性を示す略線図である。

【図2】半導体レーザの相対雑音強度対平均光出力特性を示す略線図である。

【図3】半導体レーザの微分量子効率の周期的変動と緩和振動パルスおよび雑音発生との関係を説明するための略線図である。

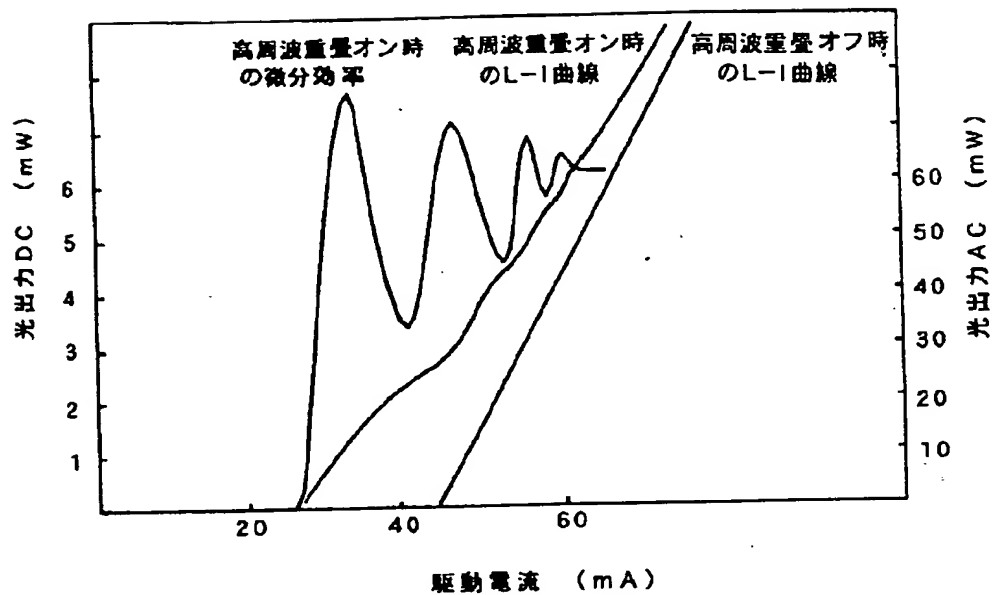
【図4】DCバイアス電流値を変化させた場合における半導体レーザの光応答の変化を説明するための略線図である。

【図5】半導体レーザの駆動回路を示す回路図である。

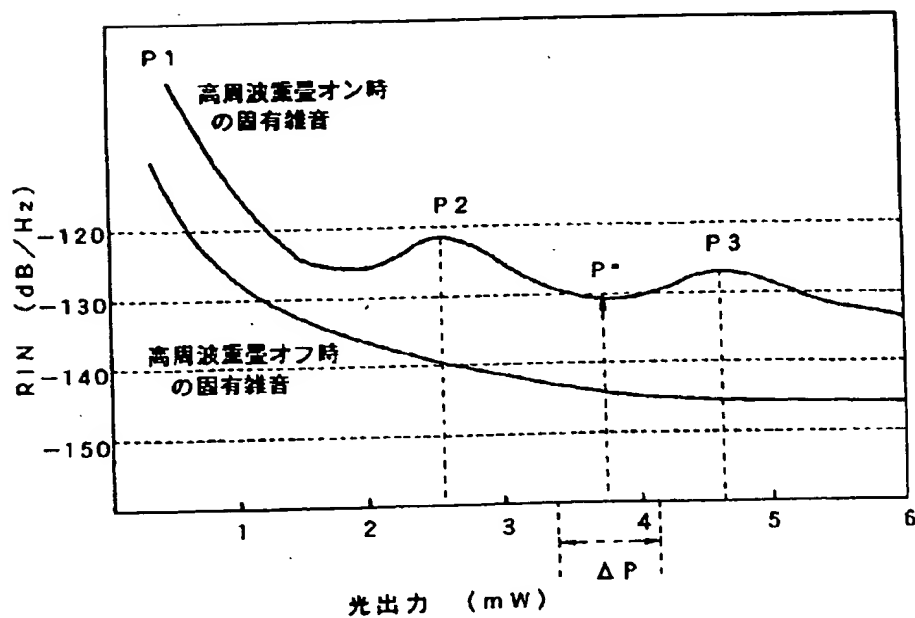
【符号の説明】

1・・・半導体レーザ、2・・・DCバイアス電流源、  
3・・・高周波電流源

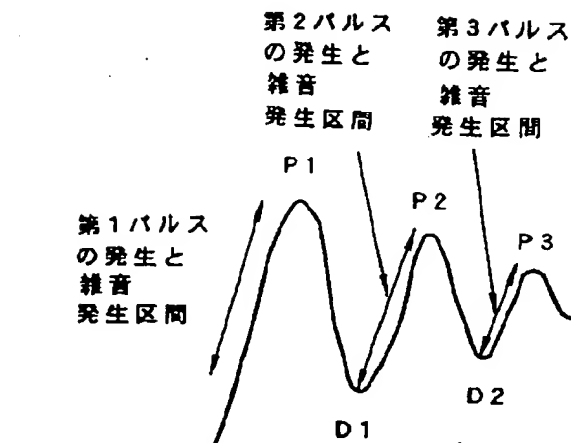
【図1】



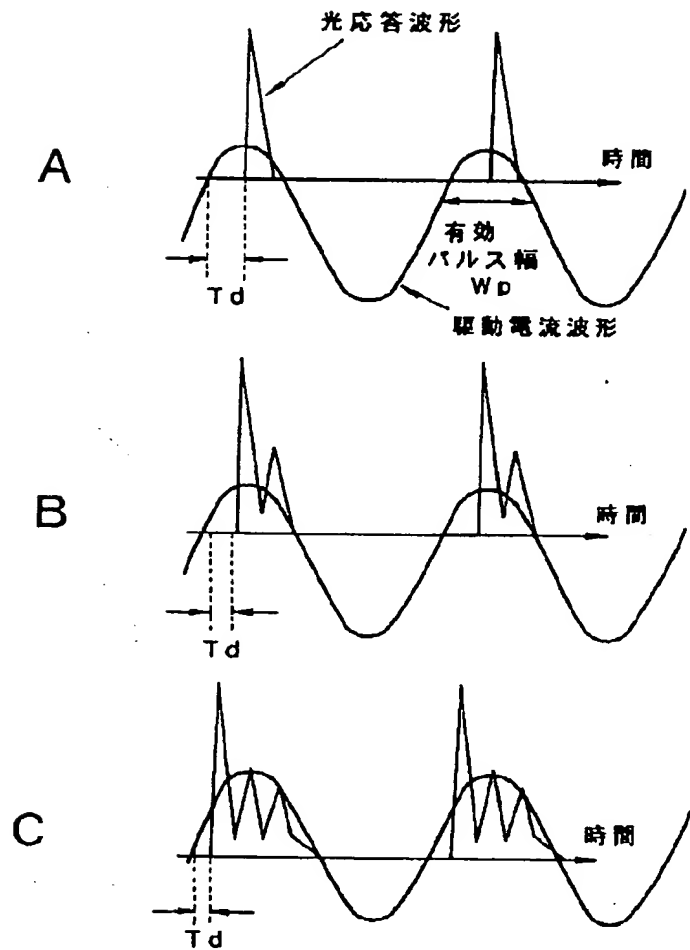
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

